

氏 名	松 本 一 郎
生 年 月 日	
本 籍	千葉県
学 位 の 種 類	博士 (理学)
学 位 記 番 号	博乙第123号
学位授与の日付	平成 8 年 3 月 25 日
学位授与の要件	論文博士 (学位規則第 4 条第 2 項)
学位授与の題目	Degree of mantle-melt interaction and genesis of podiform chromitite in the dunite-harzburgite-chromitite complexes of the Sangun zone, Southwest Japan (三郡帯のダナイトーハルツバージャイトークロミタイト複合岩体におけるマントルメルト相互反応の程度とポディフォームクロミタイトの成因)
論文審査委員	(主査) 荒 井 章 司 (副査) 木 原 國 昭, 田 崎 和 江 平 野 英 雄, 石 渡 明

学位論文要旨

ABSTRACT Many ultramafic complexes are exposed in the Sangun zone in central Chugoku district, southwest Japan. They are Shiratakiyama, Tari-Misaka, Inazumiyama, Mochimaru, Yagami, Kasamatsu, Takase, Mimuro, Ashidachi, Yufune, Yanomine, Suishoyama, Niimi, Osa, Tajibe, Fuse, Taguchi, Harashige and Ochiai-Hokubo complexes, some of which have chromitite bodies. Lithological variations of those complexes were determined for primary mineral assemblages in order to understand the origin of podiform chromitites, and for secondary mineral assemblages to evaluate thermal effect by granitic intrusions.

They consist of harzburgite, dunite and small amount of chromitite, and are intruded by some gabbroic dikes, except for only the Ochiai-Hokubo complex. Harzburgite is always dominant over dunite. The ratio dunite/harzburgite is varied on each complex. A chromitite pod is always enclosed by dunite envelope and large chromitite bodies are exclusively found in relatively dunite-dominant complexes or portions.

The degree of roundness (DR #) of chromian spinel is much different between dunite and harzburgite in this area. Chromian spinel from harzburgite is mostly anhedral (less than 0.4 in DR #), and in contrast to this, one from dunite is most frequently euhedral (within the range of 0.7 to 0.9 in DR #).

Cr#(=Cr/(Cr+Al) atomic ratio) of chromian spinel varies only slightly, from 0.4 to 0.6 for all ultramafic rocks from all complexes of the Sangun zone. Chromian spinels from chromitite are characteristically higher in TiO₂ and Fe³⁺ # content than those from harzburgite. These values of chromian spinel from dunite are included in the combined range for

chromitite and harzburgite.

Spinel in peridotites from in and around Wakamatsu mine, working for the largest chromitite body of this district, have particular morphological and chemical characteristics. That is, the spinel which is euhedral in shape and has high Ti content and $\text{Fe}^{3+}\#$ ($=\text{Fe}^{3+}/(\text{Cr}+\text{Al}+\text{Fe}^{3+})$ atomic) ratio in harzburgite, and is anhedral (vermicular) in shape and has low Ti content and $\text{Fe}^{3+}\#$ in dunite. Chromian spinels in both dunite and harzburgite are relatively high-Cr# and low- V_2O_5 .

These “extraordinary” spinels are often exclusively found near chromitite pods and/or relatively dunite dominant complexes, indicating the presence of a transitional lithology between dunite and harzburgite, which is called “gray zone” in this article. Lithological features, and morphological and chemical characteristics of chromian spinels strongly suggest that a simple fractional crystallization could not form these rocks as cumulates. The genesis of podiform chromitite is only accounted by the mantle-melt interaction and magma mixing processes in the magma conduit within the upper mantle. Size of chromitite is strongly dependent on the degree of mantle-melt interaction. That is to say, relatively large chromitite is only formed by high degree of mantle-melt interaction.

地球の表層は厚さ数km～数十km程度の薄い地殻により覆われているが、火山活動や地震の発生といった地質学的現象の多くは上部マントルでの出来事、つまりマントルプロセスにその原因を求めることができる。地球表層での火山活動の多様性や時空分布を理解するためにはマグマ（玄武岩質マグマ）生成場である上部マントルでのマグマの発生、分離、固結などの問題を解明することが必要であり重要な課題である。また、これらマントルプロセスによってしばしば人類の経済活動にとって重要な鉱物資源（クロムや白金など）が濃集することがある。これらマントルでの鉱物資源の成因（マントル鉱床学）を研究、解明することは鉱物資源探査にとって重要であると同時に、鉱物資源を濃集させたカウンターパートであるマグマまたはメルトが、それらの作用により自身の組成を変化させたことが期待される（マグマの多様性の一要因）。

前述のとおり地球表層は地殻により覆われているために直接的にマントル物質（かんらん岩）を観察することは不可能である。しかしながら、オフィオライトの断片として、固体貫入かんらん岩として、または火山岩中のゼノリスとしてそれらマントル物質を観察することができる。マントルプロセスの中でも鉱物資源の濃集を明らかにするためには、比較的広範囲に露出するかんらん岩体と対象とする鉱物資源の大規模な濃集が観察できるかんらん岩体の存在が必要である。また、比較のために、同一地域の一連と考えられる岩体で鉱物資源の濃集が認められないかんらん岩体の存在も必要である。本調査研究対象地域である中国地方中部の三郡帯にはオフィオライトの断片である多数のかんらん岩体が分布し、本邦最大の chromitite（クロム鉱床）が存在することから、上述の研究の目的を達成するためには本邦では最適の場所であるといえる。本調査研究対象地域を含めて世界各地にも同様な条件の地域が多数存在するが、マントル物質であるかんらん岩が地表に定置するまでに被った変形作用や地表付近での比較的低圧での変質作用の影響のため、クロミタイトとかんらん岩の双方の詳細な研究例は少なく、また、造山帯に産するいわゆる podiform chromitite（ポディフォーム型クロム鉱床）についての成因論は必ずしも明らかにされているとは言えない。

本研究はこれまで一部を除いて「蛇紋岩体」として一括されてきた中国地方中部に分布する多くの「かんらん岩体」の初生的な岩相分布を明らかにし、全岩体の chromian spinel の形態、化学組成の詳細な諸特徴を示した。また、二次的変化として重要な花崗岩による接触變成作用についても検討した。特に、chromian spinel の形態の定量化は世界初であり、chromitite 中の spinel の包有物として含水鉱物（Na-phlogopite, pargasite）についての報告は諸外国では報告されているが本邦では初

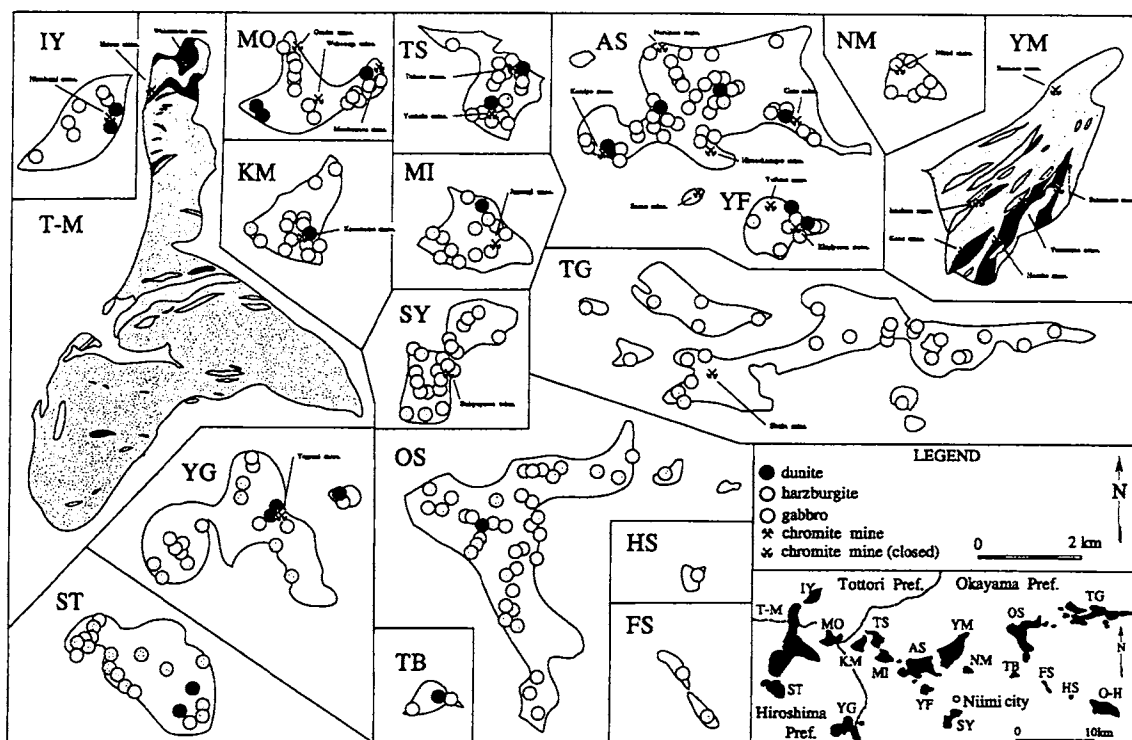


Fig. 1 Lithological map of the peridotite complexes in the Sangun zone of central Chugoku district.

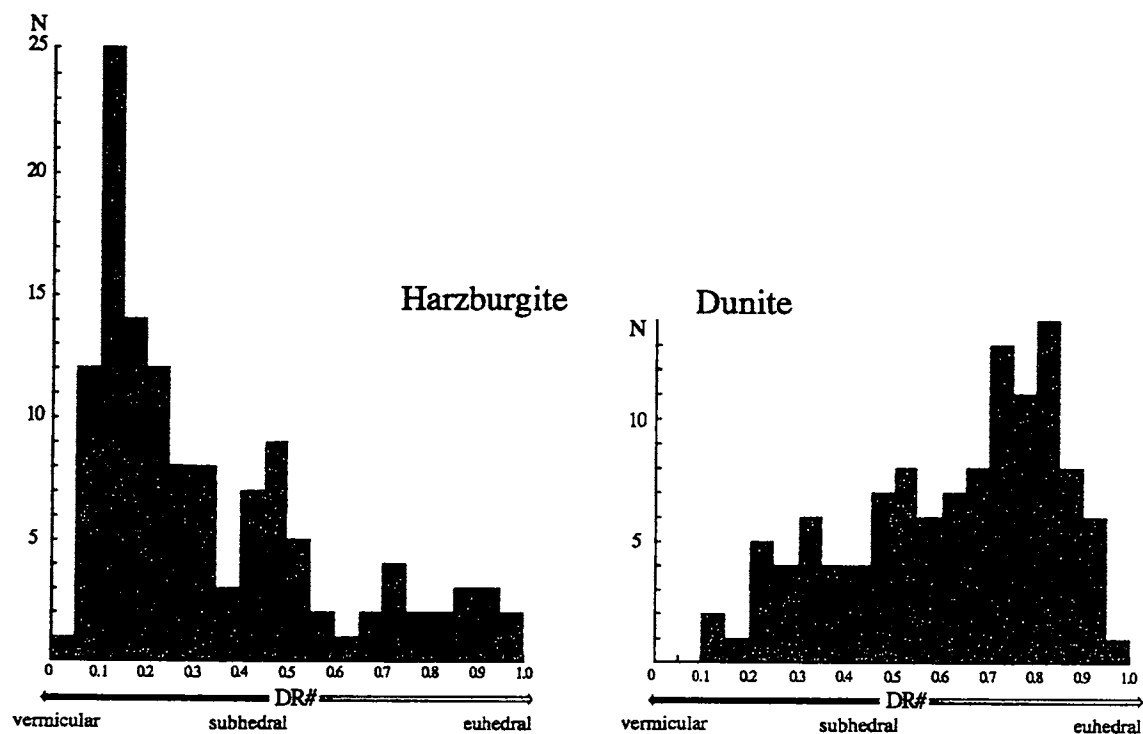


Fig. 2 Frequency histograms of the DR# of chromian spinel in ultramafic rocks of the Sangun zone. DR#, Degree of roundness of chromian spinel.

めてである。以上の諸観察結果から岩相分布の多様性と podiform chromitite の成因についての考察を得た。

中国地方中部の三郡帯には多数のかんらん岩体が存在する。それらは西より白滝山岩体、多里・三坂岩体、稲積山岩体、持丸岩体、矢神岩体、笠松岩体、高瀬岩体、三室岩体、足立岩体、湯舟岩体、矢の峯岩体、水晶山岩体、新見岩体、大佐岩体、田治部岩体、布施岩体、田口岩体、原茂岩体、及び落合―北房岩体である。落合―北房岩体を除く全ての岩体は harzburgite と dunite から構成され小規模な gabbro 脈が存在する。また、dunite のそれぞれの岩体にしめる分布の割合は様々である (Fig. 1)。Chromitite は必ず dunite に取り囲まれた産状を示す。また比較的大規模な chromitite は dunite の比較的卓越する多里―三坂岩体北部や矢の峯岩体に限って認められる。

Chromian spinel の形態は Arai (1980) により定性的に dunite 中で自形を示し、harzburgite 中では他形(特にぜんちゅう状)を示すことが指摘されていた。岩相間における spinel の形態の差は spinel 晶出の諸条件 (温度、圧力、melt 及び wallrock の組成等) の違いを表している可能性があり重要である。本研究では spinel の形態について「円形度 (DR)」として次式のとおりに定量化を行った。

$$DR(=\text{degree of roundness})=\text{area}/(\text{round-length})^2$$

また、簡単化するために円の値 $(1/(4\pi) \approx 0.0796)$ で個々の spinel の測定値を規格化したものを「DR #」として比較、議論に用いた。その結果 harzburgite 中の spinel の多くは DR # が 0.4 以下を示すのに対して、dunite 中においては多くが 0.7~0.9 の値を示し両者の間には明らかに形態上の相違が認められることが示された (Fig. 2)。

調査研究地域におけるかんらん岩体中の spinel の Cr # ($=\text{Cr}/(\text{Cr}+\text{Al})$) は落合―北房岩体を除く全ての岩体の全ての岩相 (dunite, harzburgite, chromitite) について 0.4~0.6 の間の比較的狭い範囲にプロットされる。TiO₂ 含有量、Fe³⁺ 含有量は特徴的に dunite 中で高く、harzburgite 中で低い。

以上の一般的な chromian spinel の形態的、化学的特徴に対して、比較的大規模な chromitite の存在する多里―三坂岩体の若松鉾山周辺などではそれぞれのかんらん岩体の岩相 (dunite, harzburgite) において特異な spinel が認められる。すなわち比較的高 DR #, 高 Ti, 及び高 Fe³⁺ を示す harzburgite 中の spinel, 及び比較的低 DR #, 低 Ti, 及び低 Fe³⁺ を示す dunite 中の spinel がそれにあたり、これら特異な spinel の存在で特徴付けられる岩相が識別された。また、大規模なクロミタイト周辺のかんらん岩体のスピネルは特徴的に高 Cr #, 低 V₂O₅ を示すものが多い。これら特異な spinel の存在で特徴付けられる dunite と harzburgite の中間的または漸移的な岩相を本論では重視し「gray zone」と呼んだ。

Chromian spinel の含有物としての含水鉱物が矢の峯岩体の chromitite 中から見いだされた。含水鉱物は Na-phlogopite 及び pargasite であり、いずれも Na, Ti に富む。一方、大規模な chromitite 周辺の多里―三坂岩体の若松鉾山の chromitite からは含水鉱物は見いだされなかった。Chromitite 中の spinel の包有物としての含水鉱物の存在は含水メルトが spinel 晶出に何らかの役割を担っていたことを示し、chromitite の形成を考える上で重要である。

Arai and Yurimoto (1994) は Irvine (1997) 流のマグマ混合モデル(大陸地域の stratiform chromitite の成因モデル) が、基本的には podiform chromitite の形成にも適応できることを示した。つまり、初生マグマと壁岩である harzburgite 中の orthopyroxene (OPX) が反応し、OPX 成分が選択的にマグマ中に溶解込むこと (= mantle-melt interaction) により生じた比較的シリカに富んだメルトと続いて供給される初生メルトとの二重液混合により、マントル中のマグマの通路で chromitite が形成されたことを示した。本研究も基本的にそのモデルを支持するがより詳細なプロセス、つまり chromian spinel の形態や化学組成が mantle-melt interaction によりどのような変化を示し、どのような条件のもとで chromitite が生成されるのかが明らかになった。本研究で得られた chromian spinel の形態、化学組成と岩相分布の諸特徴、特に gray zone の存在は、いずれも chromitite が単純な結晶分化作用では形成されないことを示している。Gray zone とは dunite 的な形態や化学的特徴を有した chromian

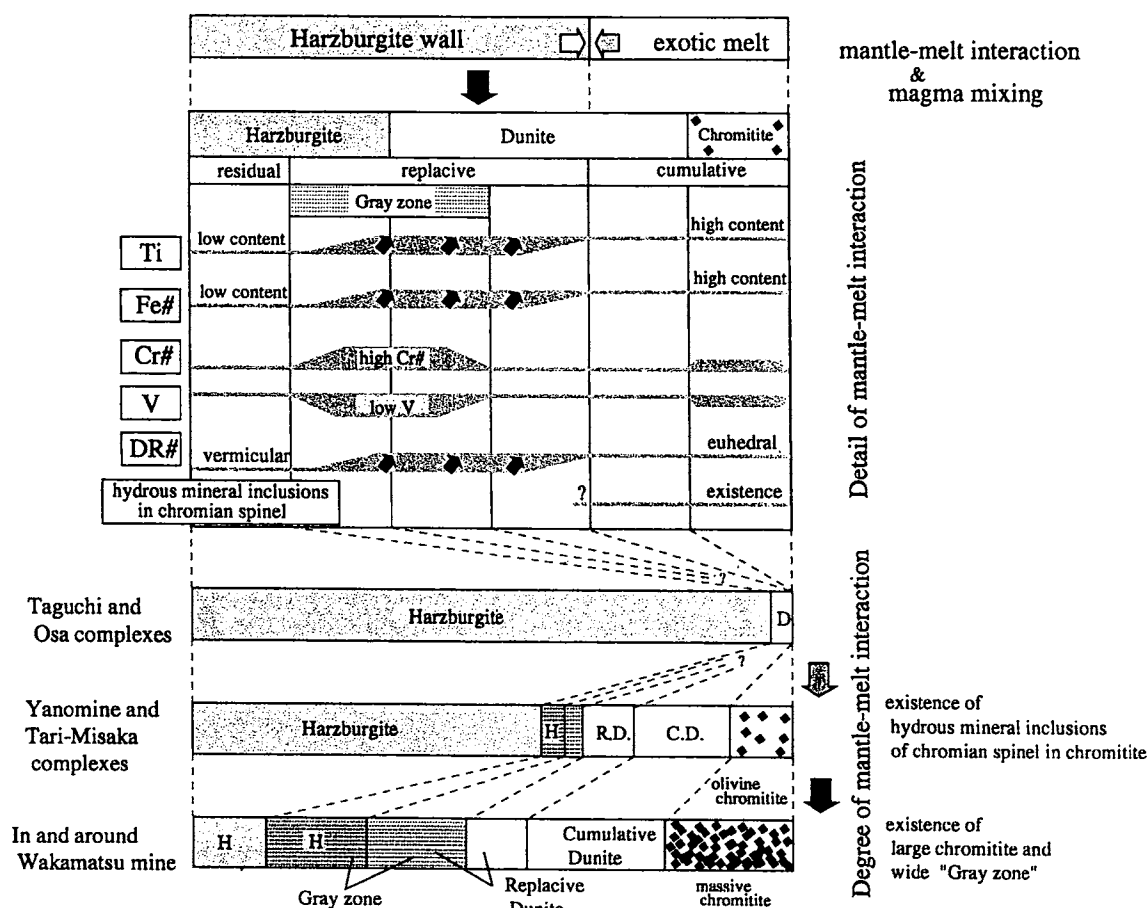


Fig. 3 As summary of mantle-melt interaction and related genesis of podiform chromitite.

spinel を有する extraordinary harzburgite, 形態変化及び化学組成の変化が著しい replacive dunite から構成され, いずれも高 Cr#, 低 V_2O_3 を示す spinel が比較的多く観察されることを特徴とする。高 Cr#, 低 V_2O_3 を示す spinel の存在は mantle-melt interaction による OPX のメルトへの溶解により見事に説明される。つまり OPX は二次メルトにとっての Cr の供給源であり, V_2O_3 をほとんど含まない。すなわち, OPX のまさに分解する interaction の最前線 (現在の gray zone) では部分的に高 Cr, 低 V_2O_3 の環境が形成されることが強く指示される。また chromitite 中の spinel 包有物としての含水鉱物の存在が比較的小規模な chromitite (矢の峯岩体) に限られていて, 大規模なもの (多里-三坂岩体若松鉱山) に認められないことは interaction の程度の低い (もしくは interaction の初期) 場合には H_2O , Na, 及び Ti などの元素はメルト中で希釈されずに chromian spinel の晶出に関与したことが示される。それに対して interaction の程度の高い場合は大量の二次メルトの生産に伴ってメルト中で希釈され含水鉱物としては存在し得なかったものと考えられる。つまり, 比較的大規模な chromitite は mantle-melt interaction の程度の高い場所 (gray zone が広範囲に確認できる) のみ形成する (Fig. 3)。

また, 大規模な chromitite 形成のうえで gray zone の存在, とくに高 Cr#, 低 V_2O_3 を示す spinel の存在が明らかとなったことは, chromitite の探査的側面から大きな意義をもち今後の応用面において期待される。

学位論文の審査結果の要旨

当該論文に関して平成7年12月に第1回審査委員会を開催した後, 平成8年2月9日に公开发表会

および第2回の審査委員会を開催した。審査委員一同審議の末以下のような意見の一致をみた。

本論文は日本における代表的なダナイトーハルツバージャイト複合岩体である、中国地方三郡帯の岩体群の岩石学的性質の解明、特にクロミタイト（クロム鉄鉱）の成因を扱ったものである。松本氏はまず、これらの岩体の野外調査を綿密に行い、変質作用、花崗岩による熱変成作用などの二次的プロセスによる改変の効果を把握した。その後、残留初生鉱物である岩石のクロムスピネルに着目し、その化学組成、形態の変化を綿密に追跡した結果、ダナイト、クロミタイトはハルツバージャイト壁岩とマグマの相互反応の産物であることを明らかにすることに成功した。特に、従来定量的に扱われることのなかったクロムスピネルの形態を定量化、およびその形態的特徴と化学組成的特徴の相関関係の発見は本論文の価値を高めている。また、高Cr低Vのクロムスピネルで特徴づけられる反応帯が大規模なクロミタイトに常にともなっていることを発見し、従来よい手段が見つかっていなかったクロム鉱床の探査に、強力な指針を与えることに成功したことも特筆に値する。

外国語の能力に関しては、提出論文が英文で書かれていること、審査委員長の行った試問において十分な能力が認められたことから、十分であると判断した。以上より、本論文が博士（理学）に値するものと判断した。